

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平3-254208

⑤ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成3年(1991)11月13日

H 01 Q 13/08  
1/38  
13/16  
21/307741-5 J  
6751-5 J  
7741-5 J  
7741-5 J

審査請求 有 請求項の数 5 (全11頁)

⑭ 発明の名称 マイクロストリップアンテナ

⑰ 特 願 平2-52334

⑱ 出 願 平2(1990)3月2日

⑲ 発 明 者 神 谷 嘉 明 京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地 株式会社  
エイ・テイ・アール光電波通信研究所内⑲ 発 明 者 中 條 渉 京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地 株式会社  
エイ・テイ・アール光電波通信研究所内⑲ 発 明 者 安 川 交 二 京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地 株式会社  
エイ・テイ・アール光電波通信研究所内⑲ 出 願 人 株式会社エイ・テイ・アール光電波通信研究  
所 京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5番地

⑲ 代 理 人 弁理士 青 山 葆 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

マイクロストリップアンテナ

## 2. 特許請求の範囲

(1) マイクロストリップパッチ導体と、上記マイクロストリップパッチ導体に対して対向するように設けられた少なくとも1個のマイクロ波平面線路との間に、上記マイクロストリップパッチ導体に当接された誘電体基板を介して接地導体板を挟設し、上記接地導体板に環状のスロットを上記マイクロストリップパッチ導体と上記マイクロ波平面線路に対向するように形成したことを特徴とするマイクロストリップアンテナ。

(2) 上記接地導体板と上記マイクロ波平面線路との間に、さらに別の誘電体基板を挟設したことを特徴とする請求項1記載のマイクロストリップアンテナ。

(3) 上記マイクロ波平面線路は、誘電体基板を介して形成された信号伝送導体と接地導体からなり、上記信号伝送導体が上記別の誘電体基板側に

形成されたことを特徴とする請求項2記載のマイクロストリップアンテナ。

(4) 上記スロットは円環形状であることを特徴とする請求項1、2又は3記載のマイクロストリップアンテナ。

(5) 上記マイクロ波平面線路はマイクロストリップ線路であることを特徴とする請求項1、2又は3記載のマイクロストリップアンテナ。

## 3. 発明の詳細な説明

## [産業上の利用分野]

本発明はマイクロストリップアンテナに関する。

## [従来の技術]

自動車等の移動体に設けられた移動局と固定局との間を、通信衛星を介して通信を行なう移動体衛星通信システムが提案されている。このシステムにおける移動体に設置されるアンテナとして、小型、軽量、薄型であって、通信衛星を追尾しながら送信及び受信を可能とするために2つの異なる周波数において動作可能であり、広角でかつ高速ビーム走査を行なうことができる高性能・高機

能なアンテナが要求されている。

第5図(A)、(B)及び(C)に、この種の移動体衛星通信システムにおいて適用され、特願昭63-259946号において提案された円偏波マイクロストリップアンテナ(以下、第1の従来例という。)を示す。

第5図(A)、(B)及び(C)において、方形の誘電体基板50の表面上に、互いに直交する2個のスロット53a、53bからなる十字スロット53が中央部に形成された接地導体板52が形成される。一方、誘電体基板50の裏面全面上に、マイクロストリップ導体51が、上記十字スロット53の交差点Oに対向する点を通過して上記交差点Oから長さS<sub>0</sub>だけ突出しかつ十字スロット53の各スロット53a、53bと45度の角度で交差するように形成される。また、上記接地導体板52の表面上に、誘電体基板54が形成され、さらに、上記誘電体基板54の表面の中央部に十字スロット53の交差点Oを中心とする円板形状のマイクロストリップパッチ導体55が上記マイ

クロストリップ導体51と十字スロット53と対向するように形成される。

以上のように構成された第1の従来例のマイクロストリップアンテナにおいて、誘電体基板50を介して形成されたマイクロストリップ導体51と接地導体板52はマイクロストリップ線路60を構成しており、このマイクロストリップ線路60にマイクロ波信号を入力し、十字スロット53を介してマイクロストリップパッチ導体55を励振したとき、接地導体板52に形成された1個のスロット53aとマイクロストリップパッチ導体55によって第1の直線偏波マイクロストリップアンテナを構成し、また、接地導体板52に形成されたもう1個のスロット53bとマイクロストリップパッチ導体55によって第2の直線偏波マイクロストリップアンテナを構成している。

ここで、スロット53aの長さ $l_1$ とスロット53bの長さ $l_2$ を異ならせた場合、第1の直線偏波マイクロストリップアンテナの共振周波数と、第2の直線偏波マイクロストリップアンテナの共

振周波数が異なり、このマイクロストリップアンテナは2つの共振周波数を有する。従って、このマイクロストリップアンテナを2周波共用直線偏波アンテナとして使用することができる。

また、上記第1と第2の直線偏波マイクロストリップアンテナの各共振周波数のほぼ平均の周波数を有するマイクロ波信号で、上記第1と第2のマイクロストリップアンテナの各励振電流の位相差が90度となるように、このマイクロストリップアンテナを励振したとき、第1と第2の直線偏波マイクロストリップアンテナからそれぞれ輻射される直線偏波の電磁波が空間的に合成され、円偏波の電磁波として空間に輻射される。従って、このマイクロストリップアンテナを円偏波アンテナとして使用することができる。

第6図(A)、(B)及び(C)に、上述の移動体衛星通信システムにおいて適用される直線偏波マイクロストリップアンテナ(以下、第2の従来例という。)を示す。

第6図(A)、(B)及び(C)において、方

形の誘電体基板70の表面上に、帯形状のスロット73が中央部に形成された接地導体板72が形成される。一方、誘電体基板70の裏面全面上に、マイクロストリップ導体71が上記スロット73と直交しかつスロット73の中心Oから長さS<sub>0</sub>だけ突出するように形成される。また、上記接地導体板72の表面上に、誘電体基板74が形成され、さらに、上記誘電体基板74の表面の中央部に誘電体基板74の中心Oを中心とする円形のマイクロストリップパッチ導体75が上記マイクロストリップ導体71と十字スロット73と対向するように形成される。またさらに、上記マイクロストリップパッチ導体75から所定の距離dだけ離れて誘電体基板76が設けられ、上記誘電体基板70、74、76は、電気絶縁材料にてなる固定具(図示せず。)によって固定される。さらに、上記誘電体基板76の表面上に、所定の直径を有する円板形状のマイクロストリップパッチ導体77が上記マイクロストリップパッチ導体75と同軸となるように形成される。

以上のように構成された第2の従来例のマイクロストリップアンテナにおいては第1の従来例と同様に、誘電体基板70を介して形成されたマイクロストリップ導体71と接地導体板72はマイクロストリップ線路80を構成しており、マイクロストリップ線路80にマイクロ波信号を入力することによって、スロット73を介して上記2個のマイクロストリップパッチ導体75、77を励振することができる。2個のマイクロストリップパッチ導体75、77を用いているために異なる2個の共振周波数を有しかつ近接するように設計することが可能であって、マイクロストリップパッチ導体75が、空気層と誘電体基板76からなる誘電体を介してマイクロストリップパッチ導体77に結合するために、広帯域な周波数特性を有する直線偏波マイクロストリップアンテナを実現できる。

[発明が解決しようとする課題]

しかしながら、上述の第1の従来例のマイクロストリップアンテナを2周波共用の円偏波マイ

クロストリップアンテナとして動作させるためには、異なる共振周波数を有する2個の独立したマイクロストリップアンテナを並置する必要がある、アンテナが大型になるという問題点があった。

また、第2の従来例の広帯域な周波数特性を有する直線偏波マイクロストリップアンテナを例えば送信及び受信の2つの周波数で動作させることができるが、この直線偏波マイクロストリップアンテナを用いて円偏波の電磁波を輻射させるためには、例えば2個のアンテナを用いて、各アンテナに互いに90度の位相差を有するマイクロ波信号で励振することによって、各直線偏波アンテナから輻射される各直線偏波の電磁波を空間的に合成し、円偏波の電磁波を発生させることができる。しかしながら、このマイクロストリップアンテナは、第2の従来例と同様に、大型になるという問題点があった。

本発明の目的は以上の問題点を解決し、従来例に比較し、小型・軽量であって製作が容易なマイクロストリップアンテナを提供することにある。

[課題を解決するための手段]

本発明に係る請求項1記載のマイクロストリップアンテナは、マイクロストリップパッチ導体と、上記マイクロストリップパッチ導体に対して対向するように設けられた少なくとも1個のマイクロ波平面線路との間に、上記マイクロストリップパッチ導体に当接された誘電体基板を介して接地導体板を挟設し、上記接地導体板に環状のスロットを上記マイクロストリップパッチ導体と上記マイクロ波平面線路に対向するように形成したことを特徴とする。

また、請求項2記載のマイクロストリップアンテナは、請求項1記載のマイクロストリップアンテナにおいて、上記接地導体板と上記マイクロ波平面線路との間に、さらに別の誘電体基板を挟設したことを特徴とする。

さらに、請求項3記載のマイクロストリップアンテナは、請求項2記載のマイクロストリップアンテナにおいて、上記マイクロ波平面線路は、誘電体基板を介して形成された信号伝送導体と接地

導体からなり、上記信号伝送導体が上記別の誘電体基板側に形成されたことを特徴とする。

またさらに、請求項4記載のマイクロストリップアンテナは、請求項1、2又は3記載のマイクロストリップアンテナにおいて、上記スロットは円環形状であることを特徴とする。

さらに、請求項5記載のマイクロストリップアンテナは、請求項1、2又は3記載のマイクロストリップアンテナにおいて、上記マイクロ波平面線路はマイクロストリップ線路であることを特徴とする。

[作用]

上述の請求項1記載のマイクロストリップアンテナにおいて、例えば1個の上記マイクロ波平面線路を設け、このマイクロ波平面線路にマイクロ波信号を入力することにより、上記接地導体板に形成された環状のスロットと、上記誘電体基板を介して上記マイクロストリップパッチ導体を励振する。これによって、上記入力されたマイクロ波信号の直線偏波の電磁波が当該マイクロストリッ

ブアンテナから上記マイクロストリップパッチ導体に対して垂直な方向に輻射される。

また、例えば2個の上記マイクロ波平面線路を設け、各マイクロ波平面線路にそれぞれ所定の位相差を有するマイクロ波信号を入力することにより、上記接地導体板に形成された環状のスロットと、上記誘電体基板を介して上記マイクロストリップパッチ導体を励起する。これによって、上記入力されたマイクロ波信号の円偏波の電磁波が当該マイクロストリップアンテナから上記マイクロストリップパッチ導体に対して垂直な方向に輻射される。

上述の請求項1記載のように構成されたマイクロストリップアンテナは、2つの共振周波数を有するので、2周波共用の直線偏波及び円偏波マイクロストリップアンテナを、従来例に比較しその製作を容易化しかつ小型・軽量化することができる。

また、上述の請求項2記載のマイクロストリップアンテナにおいて、例えば1個の上記マイクロ

ストリップアンテナは、2つの共振周波数を有するので、2周波共用の直線偏波及び円偏波マイクロストリップアンテナを、従来例に比較しその製作を容易化しかつ小型・軽量化することができる。

さらに、請求項3記載の構成のように、請求項2記載のマイクロストリップアンテナにおいて、上記マイクロ波平面線路の上記信号伝送導体を上記別の誘電体基板側に形成することにより、上記信号伝送導体は上記マイクロ波平面線路の接地導体と、上記接地導体板との間に挟設される。従って、上記信号伝送導体に伝送されるマイクロ波の電磁波は、上記接地導体板に形成された上記環状のスロットのみから輻射され、従来例のようにマイクロストリップアンテナの裏面方向に漏洩することを防止することができるので、当該マイクロストリップアンテナの放射効率は従来例に比較し高くなり、当該マイクロストリップアンテナの利得を大幅に向上させることができる。

さらに、上記各マイクロストリップアンテナに

波平面線路を設け、このマイクロ波平面線路にマイクロ波信号を入力することにより、上記別の誘電体基板と、上記接地導体板に形成された環状のスロットと、上記誘電体基板を介して上記マイクロストリップパッチ導体を励起する。これによって、上記入力されたマイクロ波信号の直線偏波の電磁波が当該マイクロストリップアンテナから上記マイクロストリップパッチ導体に対して垂直な方向に輻射される。

また、例えば2個の上記マイクロ波平面線路を設け、各マイクロ波平面線路にそれぞれ所定の位相差を有するマイクロ波信号を入力することにより、上記別の誘電体基板と、上記接地導体板に形成された環状のスロットと、上記誘電体基板を介して上記マイクロストリップパッチ導体を励起する。これによって、上記入力されたマイクロ波信号の円偏波の電磁波が当該マイクロストリップアンテナから上記マイクロストリップパッチ導体に対して垂直な方向に輻射される。

上述の請求項2記載のように構成されたマイク

において、好ましくは、上記スロットは円環形状である。

またさらに、上記各マイクロストリップアンテナにおいて、好ましくは、上記マイクロ波平面線路はマイクロストリップ線路である。

#### [実施例]

以下、図面を参照して本発明による実施例について説明する。

#### 第1の実施例

第1図(A)、(B)及び(C)に、上述の移動体衛星通信システムにおいて適用可能な、本発明に係る第1の実施例の円偏波マイクロストリップアンテナを示す。

この円偏波マイクロストリップアンテナは、マイクロストリップパッチ導体31と、上記マイクロストリップパッチ導体31に対向するように設けられた2個のマイクロストリップ線路41、42との間に、それぞれ誘電体基板30と誘電体基板20を介して、接地導体板21を挟設し、上記接地導体板21に円環スロット22を上記マイク

ロストリップパッチ導体31とマイクロストリップ線路41, 42と対向するように形成したことを特徴としている。

第1図(A)、(B)及び(C)において、裏面全面上に接地導体板11が形成された誘電体基板10の表面上に、幅 $W_0$ を有する2個のマイクロストリップ導体12, 13がその導体12, 13の長手の辺が互いに90度の角度をなしかつ接触しないように形成される。ここで、誘電体基板10を介して形成されたマイクロストリップ導体12と接地導体板11によってマイクロストリップ線路41が構成され、また、誘電体基板10を介して形成されたマイクロストリップ導体13と接地導体板11によってマイクロストリップ線路42が構成される。

また、マイクロストリップ導体12, 13が形成された誘電体基板10の表面全面上に誘電体基板20が当接して形成され、上記誘電体基板10の表面全面上に接地導体板21が当接して形成される。ここで、この接地導体板21の中央部には、

マイクロストリップ導体12, 13、誘電体基板10、及び接地導体板11によりトリプレート線路を構成している。

以上のように構成された第1の実施例のマイクロストリップアンテナにおいて、マイクロストリップ線路41, 42にそれぞれマイクロ波信号を入力することにより、接地導体板21に形成された円環スロット22を介してマイクロストリップパッチ導体31を励振することができる。従って、マイクロストリップ線路41と円環スロット22とマイクロストリップパッチ導体31により第1の直線偏波マイクロストリップアンテナが構成され、また、マイクロストリップ線路42と円環スロット22とマイクロストリップパッチ導体31により第2の直線偏波マイクロストリップアンテナが構成される。

それ故、マイクロストリップ線路41, 42に、互いに90度の位相差を有する各マイクロ波信号を入力して上記第1と第2の直線偏波マイクロストリップアンテナを励振することにより、各直線

その中心Oを中心とし外径 $R_b$ と内径 $R_a$ と幅 $W_s$ を有する円環スロット22が、その厚さ方向に貫通するように予め形成されている。なお、第1図(B)に図示されるように、マイクロストリップ導体12は円環スロット22の外縁から中心Oに向かって長さ $S_1$ だけ延在するように形成されており、また、マイクロストリップ導体13は円環スロット22の外縁から中心Oに向かって長さ $S_2$ だけ延在するように形成されている。

さらに、上記接地導体板21の表面全面上に誘電体基板30が当接して形成され、またさらに、上記誘電体基板30の表面の中央部に、円環スロット22の外径 $R_b$ よりも長い半径 $R_a$ を有する円板形状のマイクロストリップパッチ導体55が、円環スロット22と同軸となりかつ上記マイクロストリップ導体12, 13と円環スロット22と対向するように当接して形成される。

なお、以上のように構成された第1の実施例のマイクロストリップアンテナにおいて、誘電体基板30、接地導体板21、誘電体基板20、マイ

偏波マイクロストリップアンテナから輻射される直線偏波の電磁波が空間的に合成され、円偏波の電磁波として空間に、当該アンテナの軸方向Drで輻射される。従って、第1図(A)、(B)及び(C)に図示したマイクロストリップアンテナを円偏波マイクロストリップアンテナとして用いることができる。

なお、マイクロストリップ導体12, 13の各長さ $S_1, S_2$ を変化することにより、公知の通り、上記第1と第2の直線偏波マイクロストリップアンテナの各共振周波数におけるアンテナインピーダンスのリアクタンス成分が変化する。従って、上記各長さ $S_1, S_2$ はマイクロストリップ線路41, 42の特性インピーダンスが各直線偏波マイクロストリップアンテナのアンテナインピーダンスに整合するように設定される。

以上の第1の実施例において、マイクロストリップパッチ導体31の半径 $R_a$ は円環スロット22の外径 $R_b$ よりも長い、これに限らず、マイクロストリップパッチ導体の半径 $R_a$ は好ましく

は、少なくとも円環スロット22の内径 $Rb_2$ よりも長く設定される。

本願発明者は、厚さが3.2mmであり比誘電率が2.55である誘電体基板30と、厚さが1.6mmであり比誘電率が2.55である2枚の誘電体基板10、20を用いて、半径 $Ra$ が34.26mmであるマイクロストリップパッチ導体31を形成し、外径 $Rb_1$ が35.75mmであり内径 $Rb_2$ が34.25mmである円環スロット22を上記接地導体板21に形成し、また、マイクロストリップ導体12、13の幅 $Wd$ はその特性インピーダンスが50 $\Omega$ となるように設定されかつ上記長さ $S_1$ 、 $S_2$ が31mmとなるようにマイクロストリップ導体12、13を形成して、第1図(A)、(B)及び(C)に示した構造のマイクロストリップアンテナを製作し、このマイクロストリップアンテナについて下記の通り実験を行った。

このマイクロストリップアンテナのマイクロストリップ導体12の基板縁端部側の端部12aに、

1が共振されるので、このマイクロストリップアンテナの上記共振周波数 $f_1$ 、 $f_2$ は、マイクロストリップ線路41、42に対向して設けられるマイクロストリップパッチ導体31の半径 $Ra$ と、接地導体板21に形成される円環スロット22の外径 $Rb_1$ と内径 $Rb_2$ 、誘電体基板20、30の各厚さなどの種々のパラメータに依存するものと考えられる。従って、上記共振周波数 $f_1$ 、 $f_2$ が近接するように上記パラメータを設定することにより、広帯域な周波数特性を有する円偏波マイクロストリップアンテナ、もしくは1周波用円偏波マイクロストリップアンテナを実現することができる。

さらに、本願発明者は、上記製作したマイクロストリップアンテナを受信アンテナとし、直線偏波アンテナであるホーンアンテナを送信アンテナとして用い、上記ホーンアンテナのアンテナ軸を上記マイクロストリップアンテナのアンテナ軸に一致させるように両アンテナを対向させて配置し、上記ホーンアンテナをそのアンテナ軸を中心とし

周波数が1GHzから2GHzまでのマイクロ波信号を入力し、当該端部12aにおける入力端反射係数 $S_{11}$ の周波数特性を測定した。第3図の測定結果から明らかなように、このマイクロストリップアンテナは、 $f_1$ ＝約1.375GHzと $f_2$ ＝約1.55GHzの2つの共振周波数を有することがわかる。

さらに、本願発明者はこのマイクロストリップアンテナのマイクロストリップ導体13の基板縁端部側の端部13aに、周波数が1GHzから2GHzまでのマイクロ波信号を入力し、当該端部13aにおける入力端反射係数 $S_{11}$ の周波数特性を測定し、第3図の測定結果と同様の結果が得られた。従って、第1の実施例のマイクロストリップアンテナを、2周波共用の円偏波マイクロストリップアンテナとして用いることができる。

なお、第1の実施例のマイクロストリップアンテナにおいては、マイクロストリップ線路41、42にマイクロ波信号を入力したとき、円環スロット22を介してマイクロストリップパッチ導体3

1が回転させて上記ホーンアンテナから疑似的に円偏波の電磁波を上記マイクロストリップアンテナに向かって輻射させ、上記マイクロストリップアンテナのマイクロストリップ線路41、42から出力されるマイクロ波信号を測定しながら、上記マイクロストリップアンテナをそのアンテナ軸に対して傾斜させて、上記マイクロストリップアンテナの放射指向特性を測定した。なお、上記ホーンアンテナに入力するマイクロ波信号の周波数を、1.375GHzとした。

第4図に、上記放射指向特性の測定結果を示す。第4図の放射指向特性において、実線は受信アンテナである上記マイクロストリップアンテナから出力される入射電力の最大値であり、破線は上記入射電力の最小値であって、最大輻射方向である指向角度0度における入射電力を0dBとして、上記入射電力を正規化して示している。第4図から明らかなように、上記製作した2周波共用円偏波マイクロストリップアンテナにおいて、正面方向、すなわちアンテナ軸方向における入射電力の

最大値と最小値との差（軸比）は約1, 5 dBであって、指向角度が60度以内で軸比が2 dB以下であった。

さらに、本願発明者は、上記製作したマイクロストリップアンテナを送信アンテナとし、ホーンアンテナを受信アンテナとして用い、上記ホーンアンテナのアンテナ軸を上記マイクロストリップアンテナのアンテナ軸に一致させるように両アンテナを対向させて配置し、上記ホーンアンテナをそのアンテナ軸を中心として回転させて上記マイクロストリップアンテナから輻射される電磁波を受信し、受信アンテナである上記ホーンアンテナから出力されるマイクロ波信号を測定しながら、上記マイクロストリップアンテナをそのアンテナ軸に対して傾斜させて、上記マイクロストリップアンテナの放射指向特性を測定した。なお、上記ホーンアンテナに入力するマイクロ波信号の周波数を、1.55 GHzとした。この測定結果は、第4図に図示した上述の放射指向特性と同様であった。

射され、第1と第2の従来例のようにマイクロストリップ線路60, 80から輻射される電磁波が誘電体基板50, 70の裏面方向に漏洩することを防止することができるので、当該マイクロストリップアンテナの放射効率従来例に比較して高くなり、当該マイクロストリップアンテナの利得を大幅に向上させることができるという特有の利点がある。

#### 第2の実施例

第2図(A)、(B)及び(C)に、上述の移動体衛星通信システムにおいて適用可能な、本発明に係る第2の実施例の円偏波マイクロストリップアンテナを示す。第2図(A)、(B)及び(C)において、第1図(A)、(B)及び(C)と同様のものについては同一の符号を付している。

この円偏波マイクロストリップアンテナが、第1の実施例の円偏波マイクロストリップアンテナと異なるのは、第1の実施例における誘電体基板10を介して形成されるマイクロストリップ導体12, 13と接地導体板11からなるマイクロス

トリップ線路41, 42との間に、それぞれ誘電体基板30と誘電体基板20を介して、接地導体板21を挟設し、上記接地導体板21に円環スロット22を上記マイクロストリップパッチ導体31とマイクロストリップ線路41, 42と対向するように形成することによって、2つの異なる周波数においてインピーダンス整合を精確に行なうことができ、従来例に比較して小型・軽量であり、かつ良好な円偏波特性を有する2周波共用の円偏波マイクロストリップアンテナを実現できる。

第1図(A)、(B)及び(C)に図示した第1の実施例のマイクロストリップアンテナにおいては、マイクロストリップ導体12, 13を接地導体板11, 21の間に挟設しているの、マイクロストリップ導体12, 13に供給されるマイクロ波信号の電力が円環スロット22のみから輻

トリップ線路41, 42と、上記誘電体基板20に代えて、誘電体基板10aの裏面に、マイクロストリップ導体12, 13が、誘電体基板10aに対して第1の実施例のそれらの位置と対称な位置に同様に形成されて構成されたマイクロストリップ線路44, 45を用いたことである。ここで、誘電体基板10aを介してマイクロストリップ導体12と接地導体板21によりマイクロストリップ線路44が構成され、また、誘電体基板10aを介してマイクロストリップ導体13と接地導体板21によりマイクロストリップ線路45が構成される。

すなわち、第2の実施例のマイクロストリップアンテナにおいては、マイクロストリップパッチ導体31と、上記マイクロストリップパッチ導体31に対向するように設けられた2個のマイクロストリップ線路44, 45との間に、上記マイクロストリップパッチ導体31が形成される誘電体基板30を介して、接地導体板21を挟設し、上記接地導体板21に、円環スロット22が上記マ

マイクロストリップパッチ導体31とマイクロストリップ線路44, 45に対向するように形成されている。

以上のように構成された第2の実施例のマイクロストリップアンテナは、第1の実施例と同様に2周波共用円偏波マイクロストリップアンテナとして動作し、上述の利得の向上の効果を除いて、第1の実施例と同様の作用と効果を有する。

#### 他の実施例

以上の第1と第2の実施例において、2個のマイクロストリップ線路41, 42又は44, 45に互いに90度の位相差を有するマイクロ波信号をそれぞれ入力することにより、上記マイクロストリップアンテナを円偏波マイクロストリップアンテナとして用いているが、本発明はこれに限らず、各マイクロストリップ線路41, 42又は44, 45にそれぞれ共振周波数 $f_1$ ,  $f_2$ の各マイクロ波信号を入力して、各周波数を有する直線偏波の各電磁波を輻射する直線偏波マイクロストリップアンテナとして用いてもよい。

状、又は五角形以上の多角形などの環形状で形成してもよい。上記スロット22の形状を变化することにより、当該マイクロストリップアンテナの放射指向特性を变化することができ、所望の放射指向特性に設定することができるという利点がある。

#### 【発明の効果】

以上詳述したように本発明によれば、本発明に係る請求項1又は2記載の構成のように、マイクロストリップパッチ導体と、上記マイクロストリップパッチ導体に対して対向するように設けられた少なくとも1個のマイクロ波平面線路との間に、上記マイクロストリップパッチ導体に当接された誘電体基板を介して接地導体板を挟設し、上記接地導体板に環状のスロットを上記マイクロストリップパッチ導体と上記マイクロ波平面線路に対向するように形成し、もしくは上記接地導体板と上記マイクロ波平面線路との間に、さらに別の誘電体基板を挟設している。このように構成されたマイクロストリップアンテナは、2つの共振周波数を

以上の第1と第2の実施例において、2個のマイクロストリップ線路41, 42又は44, 45が形成しているが、本発明はこれに限らず、1個のマイクロストリップ線路のみを形成し、上記マイクロストリップアンテナを2周波共用の直線偏波マイクロストリップアンテナとして用いてもよい。

以上の第1と第2の実施例において誘電体基板10, 10aにマイクロストリップ線路41, 42又は44, 45を形成しているが、本発明はこれに限らず、コブレナ線路、スロット線路、サスペンデッド線路などの他の種類のマイクロ波平面線路を用いてもよい。

以上の第1と第2の実施例において、マイクロストリップパッチ導体31を円板形状で形成しているが、本発明はこれに限らず、方形、多角形などの他の形状で形成してもよい。

以上の第1と第2の実施例において、接地導体板21に形成されるスロット22を円環形状で形成しているが、本発明はこれに限らず、楕円環形

有するので、2周波共用の直線偏波及び円偏波マイクロストリップアンテナを、従来例に比較しその製作を容易化しかつ小型・軽量化することができる。

また、請求項3記載の構成のように、請求項2記載のマイクロストリップアンテナにおいて、上記マイクロ波平面線路の上記信号伝送導体を上記別の誘電体基板側に形成することにより、上記信号伝送導体は上記マイクロ波平面線路の接地導体と、上記接地導体板との間に挟設される。従って、上記信号伝送導体に伝送されるマイクロ波の電磁波は、上記接地導体板に形成された上記環状のスロットのみから輻射され、従来例のようにマイクロストリップアンテナの裏面方向に漏洩することを防止することができるので、当該マイクロストリップアンテナの放射効率従来例に比較し高くなり、当該マイクロストリップアンテナの利得を大幅に向上させることができるという特有の利点がある。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図(A)は本発明に係る第1の実施例のマイクロストリップアンテナの分解斜視図、

第1図(B)は第1図(A)のマイクロストリップアンテナの平面図、

第1図(C)は第1図(B)におけるA-A'線についての縦断面図、

第2図(A)は本発明に係る第2の実施例のマイクロストリップアンテナの分解斜視図、

第2図(B)は第2図(A)のマイクロストリップアンテナの平面図、

第2図(C)は第2図(B)におけるB-B'線についての縦断面図、

第3図は第1の実施例のマイクロストリップアンテナの入力端反射係数 $S_{11}$ の周波数特性を示すグラフ、

第4図は第1の実施例のマイクロストリップアンテナの放射指向特性を示すグラフ、

第5図(A)は第1の従来例のマイクロストリップアンテナの分解斜視図、

第5図(B)は第5図(A)のマイクロストリッ

ブアンテナの平面図、

第5図(C)は第5図(B)におけるC-C'線についての断面図、

第6図(A)は第2の従来例のマイクロストリップアンテナの分解斜視図、

第6図(B)は第6図(A)のマイクロストリップアンテナの平面図、

第6図(C)は第6図(B)におけるD-D'線についての縦断面図である。

10, 10a, 20, 30...誘電体基板、

11, 21... 接地導体板、

12, 13…マイクロストリップ導体、

22…円環スロット、

3) ...マイクロストリップパッチ導体、

41, 42, 44, 45…マイクロストリップ

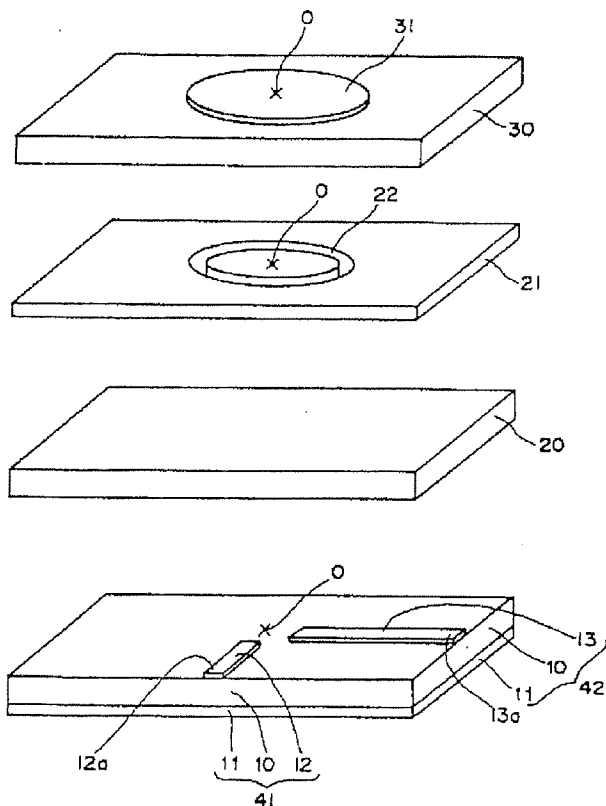
線路。

特許出願人 株式会社 エイ・ティ・アール

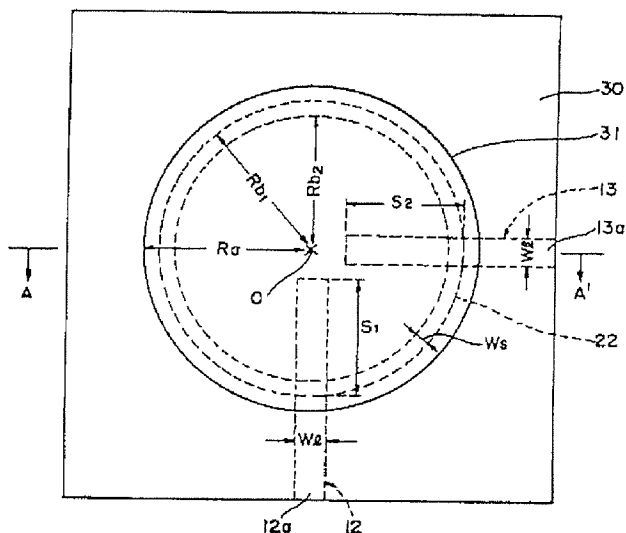
光電波通信研究所

代理人 弁理士 青山 菜ほかし名

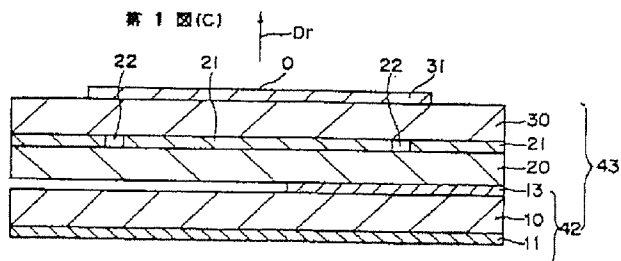
第 1 题 (A)



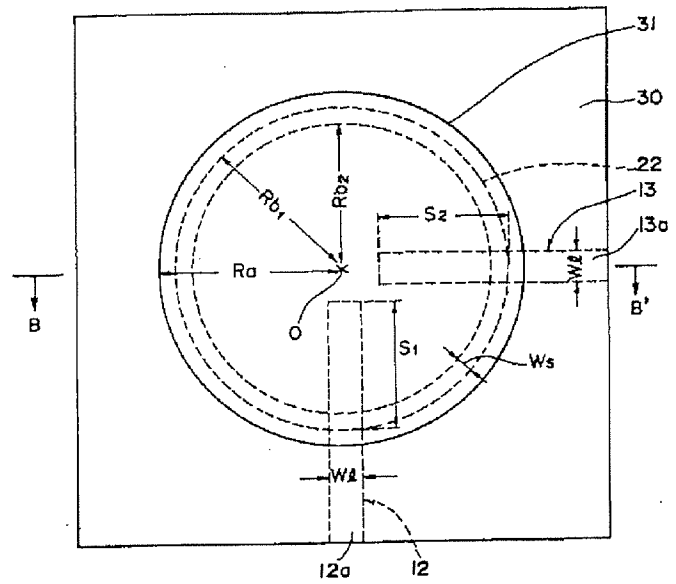
第 1 题 (B)



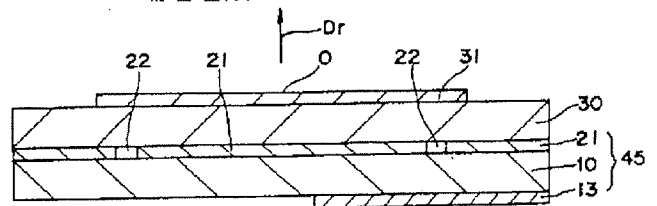
第 1 図 (C)



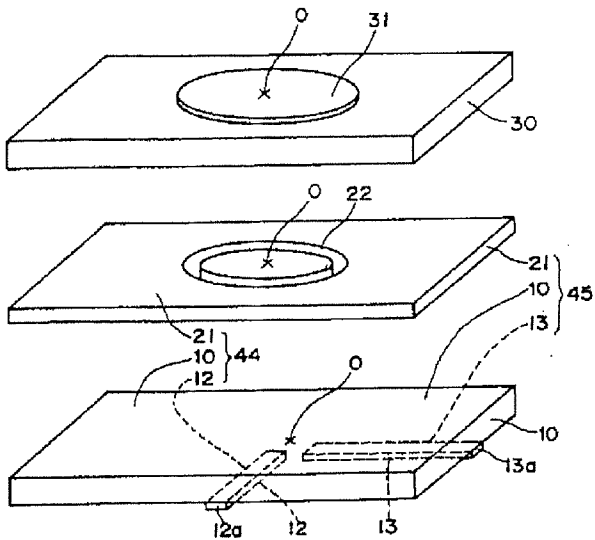
第2図(B)



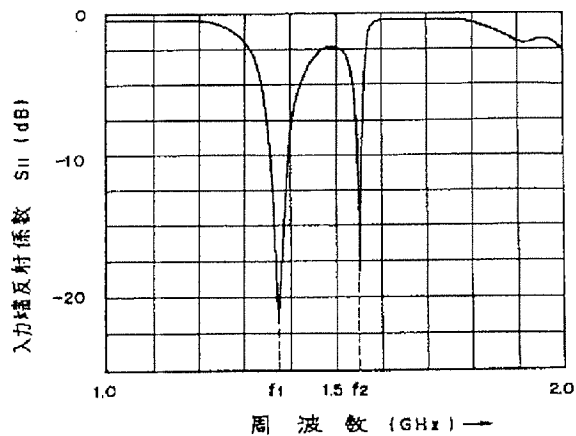
第2図(C)



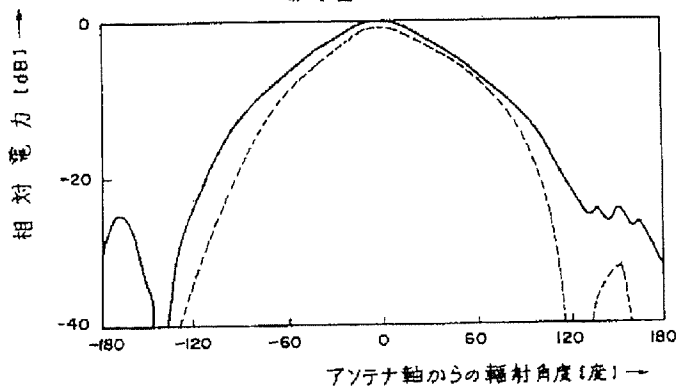
第2図(A)



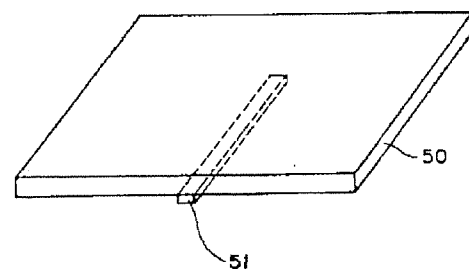
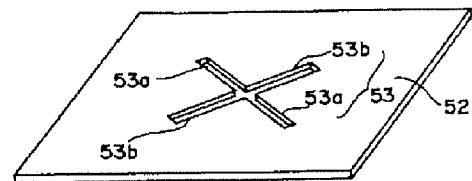
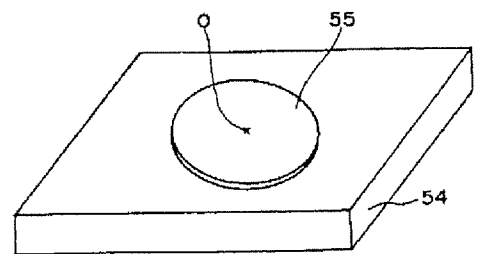
第3図



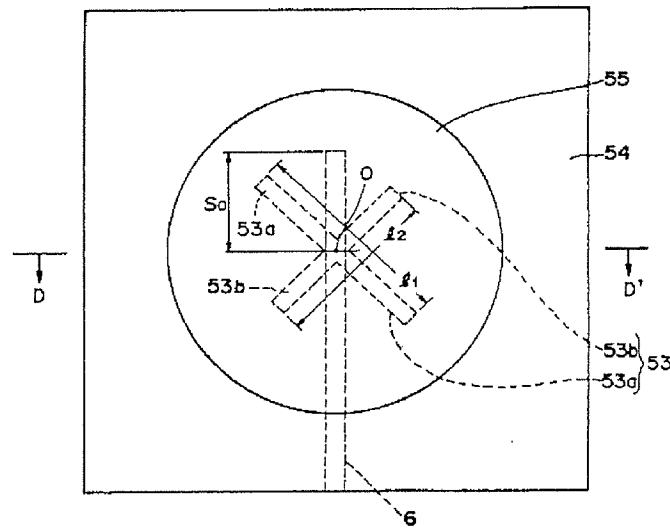
第4図



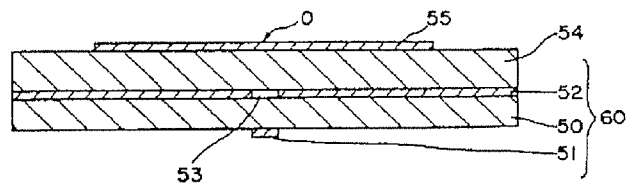
第5図(A)



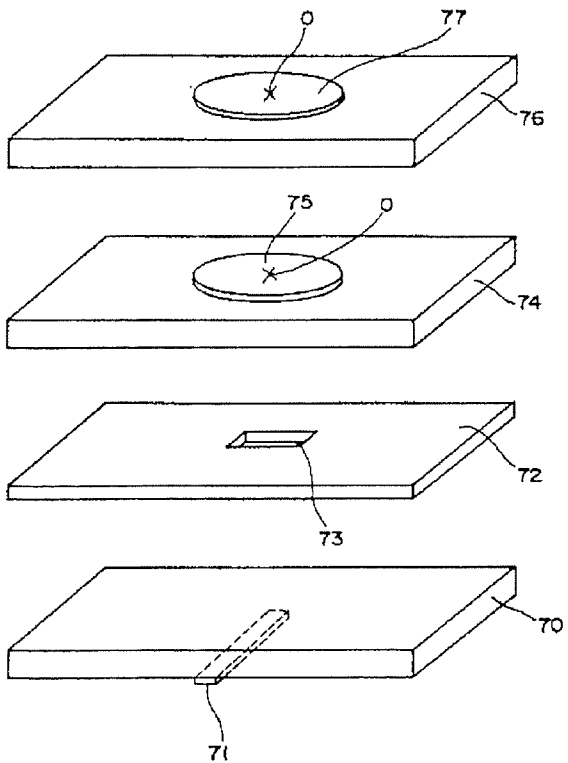
第5図(B)



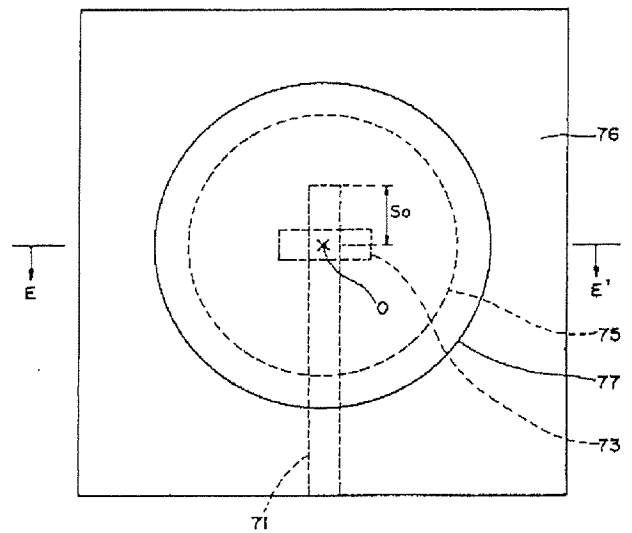
第5図(C)



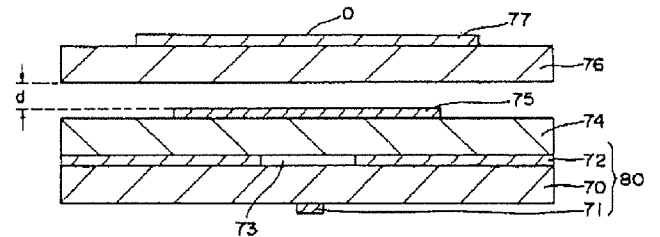
第6図(A)



第6図(B)



第6図(C)



Japanese Kokai Patent Application No. Hei 3[1991]-254208

---

Job No.: 228-122382

Ref.: 2 Japanese patents/PF030121/Fideliz/Order Nos. 8968-8969

Translated from Japanese by the McElroy Translation Company

800-531-9977

customerservice@mcelroytranslation.com

(19) JAPANESE PATENT OFFICE (JP)  
(12) KOKAI TOKUHYO PATENT GAZETTE (A)

(11) PATENT APPLICATION  
PUBLICATION

NO.: Hei 3[1991]-254208

(43) Publication Date: November 13, 1991

(51) Int. Cl. <sup>5</sup> :	Identification Codes:	Sequence Nos. for Office Use:
H 01 Q 13/08		7741-5J
1/38		6751-5J
13/16		7741-5J
21/30		7741-4J

Examination Request: Filed

No. of Claims: 5 (Total of 11 pages)

(54) Title: MICROSTRIP ANTENNA

(21) Filing No.: Hei 2[1990]-52334

(22) Filing Date: March 2, 1990

(72) Inventor: Yoshiaki Kamiya  
ATR Photoelectric Wave Communication Research Institute  
5 Mihiratani, Kantanio-aza, O-aza, Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto-fu

(72) Inventor: Aruku Nakajo  
ATR Photoelectric Wave Communication Research Institute  
5 Mihiratani, Kantanio-aza, O-aza, Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto-fu

(72) Inventor: Koji Yasukawa  
ATR Photoelectric Wave Communication Research Institute  
5 Mihiratani, Kantanio-aza, O-aza, Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto-fu

(71) Applicant: ATR Photoelectric Wave Communication Research Institute  
5 Mihiratani, Kantanio-aza, O-aza, Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto-fu

(74) Agent: Shigeru Aoyama, patent attorney, and 1 other

## Specification

### Claims

1. A microstrip antenna, characterized in that a ground conductor plate is interposed between a microstrip patch conductor and at least one planar microwave line, which opposes the above-mentioned microstrip patch conductor, via a dielectric substrate that is in contact with the above-mentioned microstrip patch conductor; and in that an annular slot is formed in the above-mentioned ground conductor plate so that it opposes the above-mentioned microstrip patch conductor and the above-mentioned planar microwave line.

2. The microstrip antenna of Claim 1, characterized in that another dielectric substrate is interposed between the above-mentioned ground conductor plate and the above-mentioned planar microwave line.

3. The microstrip antenna of Claim 2, characterized in that the above-mentioned planar microwave line consists of a signal transmission conductor and a ground conductor formed via said other dielectric substrate; and in that the above-mentioned signal transmission conductor is formed on the above-mentioned other dielectric substrate.

4. The microstrip antenna of Claim 1, 2, or 3, characterized in that the above-mentioned slot has the form of a circular annulus.

5. The microstrip antenna of Claim 1, 2, or 3, characterized in that the above-mentioned planar microwave line is a microstrip line.

#### Detailed explanation of the invention

##### Industrial application field

The present invention pertains to a microstrip antenna.

##### Prior art

Mobile satellite communication systems that carry out communication via a communication satellite between a mobile station installed in a mobile body such as an automobile and a fixed station have been proposed. As the antenna that is installed on the mobile body of such systems, a high-performance, high-functionality antenna that is small, lightweight, and thin, which can be operated at two different frequencies to enable transmission and reception while tracking the communication satellite and which can carry out wide-angle, high-speed beam scanning, is in demand.

Figures 5(A), (B), and (C) show a circularly polarized microstrip antenna (hereinafter, called the first conventional example) disclosed in Japanese Patent Application No. Sho 63[1988]-259946 that is applied to such a mobile satellite communication system.

In Figures 5(A), (B), and (C), a ground conductor plate 52, in which a cross-shaped slot 53 consisting of two slots 53a and 53b orthogonal to each other has been formed in the central part, is placed on the surface of a square dielectric substrate 50. On the rear surface of the dielectric substrate 50, a microstrip conductor 51 is formed so that it passes through a point opposite the point of intersection O of the above-mentioned cross-shaped slot 53, extends beyond the above-mentioned point of intersection O by the length  $S_0$ , and intersects each slot 53a and 53b of the cross-shaped slot 53 at a  $45^\circ$  angle. In addition, a dielectric substrate 54 is placed on the surface of the above-mentioned ground conductor plate 52, and a disk-shaped microstrip patch conductor 55 having the point of intersection of the cross-shaped slot 53 as the center is formed in the central part of the surface of the above-mentioned dielectric substrate 54 so that it is opposite the above-mentioned microstrip conductor 51 and the cross-shaped slot 53.

In the microstrip antenna of the first conventional example with the above-mentioned constitution, the microstrip conductor 51 and the ground conductor plate 52 formed via the dielectric substrate 50 constitute a microstrip line 60. When a microwave signal is input to the microstrip line 60 and the microstrip patch conductor 55 is excited via the cross-shaped slot 53, the first slot 53a formed in the ground conductor plate 52 and the microstrip patch conductor 55

act as first linearly polarized microstrip antenna, and the other slot 53b formed in the ground conductor plate 52 and the microstrip patch conductor 55 act as a second linearly polarized microstrip antenna.

Here, if the length  $l_1$  of the slot 53a and the length  $l_2$  of the slot 53b are different, the resonance frequencies of the first linearly polarized microstrip antenna and the second linearly polarized microstrip antenna will be different, so that the microstrip antenna has two resonance frequencies. Therefore, such a microstrip antenna can be used as a linearly polarized antenna with two resonance frequencies.

In addition, when said microstrip antenna is excited by a microwave signal approximately at the mean of the respective resonance frequencies of the above-mentioned first and second linearly polarized microstrip antennas so that the phase shift between the excitation currents of the above-mentioned first and second microstrip antennas is  $90^\circ$ , the electromagnetic linearly polarized waves that respectively radiate from the first and second linearly polarized microstrip antennas are spatially synthesized and radiate into space as circularly polarized electromagnetic waves. Therefore, said microstrip antenna can be used as a circularly polarized antenna.

Figures 6(A), (B), and (C) show a linearly polarized microstrip antenna (hereinafter, called the second conventional example) that is applied to the above-mentioned mobile satellite communication system.

In Figures 6(A), (B), and (C), a ground conductor plate 72, in which a strip-shaped slot 73 has been formed in the central part, is placed on the surface of a square dielectric substrate 70. On the rear surface of the dielectric substrate 70, a microstrip conductor 71 is formed so that it is orthogonal to the above-mentioned slot 73 and extends beyond the center O of the slot 73 by the length  $S_0$ . In addition, a dielectric substrate 74 is placed on the surface of the above-mentioned ground conductor plate 72, and a circuit microstrip patch conductor 75, the center O of which coincides with the center of the dielectric substrate 74 placed on the surface of the above-mentioned dielectric substrate 74 so that it is opposite the above-mentioned microstrip conductor 71 and the cross-shaped slot 73. Also, a dielectric substrate 76 is placed with a separation of prescribed length  $d$  above the aforementioned microstrip patch conductor 75, and the above-mentioned dielectric substrates 70, 74, and 76 are held in place with fixers (not shown in the figure) formed from an electrically insulating material. A disk-shaped microstrip patch conductor 77 of prescribed diameter is placed over the surface of the above-mentioned dielectric substrate 76 so that it is co-axial with the above-mentioned microstrip patch conductor 75.

In the microstrip antenna of the second conventional example with the above-mentioned constitution, like the first conventional example, the microstrip conductor 71, the ground conductor plate 72, and the dielectric substrate 70 interposed thereby constitute a microstrip line 80, and the above-mentioned two microstrip patch conductors 75 and 77 can be excited via the

slot 73 by inputting a microwave signal to the microstrip line 80. The two microstrip patch conductors 75 and 77 can be designed to be adjacent and resonate at two different frequencies. The coupling of the microstrip patch conductor 75 to the microstrip patch conductor 77 via a dielectric layer consisting of air and a dielectric substrate 76 makes it possible to realize a linearly polarized wide-band microstrip antenna.

#### Problems to be solved by the invention

However, in order to operate the microstrip antenna of the above-mentioned first conventional example as a circularly polarized microstrip antenna using two frequencies, it is necessary to install two independent microstrip antennas with different resonance frequencies in parallel, which increases the size of the antenna.

In addition, although the linearly polarized microstrip antenna having a wide-band frequency characteristic of the second conventional example can be operated at two transmission and reception frequencies, in order to radiate circularly polarized electromagnetic waves by using the linearly polarized microstrip antennas, the two antennas must be respectively excited by microwave signals that are phase-shifted by  $90^\circ$ , so that each linearly polarized electromagnetic wave that is radiated from each linearly polarized antenna can be spatially synthesized. However, like the second [sic; first] conventional example, this increases the size of the microstrip antenna.

The purpose of the present invention is to solve the above-mentioned problems and to provide a small, lightweight microstrip antenna that can be easily manufactured, compared with the conventional examples.

#### Means to solve the problems

The microstrip antenna of Claim 1 of the present invention is characterized in that a ground conductor plate is interposed between a microstrip patch conductor and at least one planar microwave line, which opposes the above-mentioned microstrip patch conductor, via a dielectric substrate that is in contact with the above-mentioned microstrip patch conductor; and in that an annular slot is formed in the above-mentioned ground conductor plate so that it opposes the above-mentioned microstrip patch conductor and the above-mentioned planar microwave line.

In addition, the microstrip antenna of Claim 2 is characterized in that, in the microstrip antenna of Claim 1, another dielectric substrate is interposed between the above-mentioned ground conductor plate and the above-mentioned planar microwave line.

Moreover, the microstrip antenna of Claim 3 is characterized in that, in the microstrip antenna of Claim 2, the above-mentioned planar microwave line consists of a signal transmission

conductor and a ground conductor formed via said other dielectric substrate; and in that the above-mentioned signal transmission conductor is formed on the above-mentioned other dielectric substrate.

Furthermore, the microstrip antenna of Claim 4 is characterized in that, in the microstrip antenna of Claim 1, 2, or 3, the above-mentioned slot has the form of a circular annulus.

In addition, the microstrip antenna of Claim 5 is characterized in that, in the microstrip antenna of Claim 1, 2, or 3, the above-mentioned planar microwave line is a microstrip line.

### Operation

In the above-mentioned microstrip antenna of Claim 1, for example, one planar microwave line is installed, and a microwave signal is input to the planar microwave line, so that the above-mentioned microstrip patch conductor is excited via the annular slot formed in the above-mentioned dielectric conductor and the above-mentioned dielectric substrate. Linearly polarized electromagnetic waves of the above-mentioned input microwave signal are radiated in the direction perpendicular to the above-mentioned microstrip patch conductor from said microstrip antenna.

In addition, for example, two planar microwave lines are installed, and microwave signals with a prescribed phase shift are respectively input to each planar microwave line, so that the above-mentioned microstrip patch conductor is excited via the annular slot formed in the above-mentioned ground conductor plate and the above-mentioned dielectric substrate. Circularly polarized electromagnetic waves of the above-mentioned input microwave signals are thereby radiated in the direction perpendicular to the above-mentioned microstrip patch conductor from said microstrip antenna.

Since the microwave strip antenna with the above-mentioned constitution of Claim 1 has two resonance frequencies, a linearly polarized and circularly polarized microstrip antenna using two frequencies, which is small in scale and lightweight, can be easily manufactured, compared with the conventional examples.

Moreover, in the microwave strip antenna with the above-mentioned constitution of Claim 2, for example, one planar microwave line is installed, and a microwave signal is input into the planar microwave line, so that the above-mentioned microstrip patch conductor is excited via the above-mentioned other dielectric substrate and the annular slot formed in the above-mentioned ground conductor plate. Linearly polarized electromagnetic waves of the above-mentioned input microwave signal are thereby radiated in the direction perpendicular to the above-mentioned microstrip patch conductor from said microstrip antenna.

Furthermore, for example, two planar microwave lines are installed, and microwave signals with a prescribed phase shift are respectively input to each planar microwave line, so that

the above-mentioned microstrip patch conductor is excited via the above-mentioned other dielectric substrate, the annular slot formed in the above-mentioned ground conductor plate, and the above-mentioned dielectric substrate. Circularly polarized electromagnetic waves of the above-mentioned input microwave signal are thereby radiated in the direction perpendicular to the above-mentioned microstrip patch conductor from said microstrip antenna.

Since the microwave strip antenna with the above-mentioned constitution of Claim 2 has two resonance frequencies, a linearly polarized and circularly polarized microstrip antenna using two frequencies, which is small in scale and lightweight, can be easily manufactured, compared with the conventional examples.

In addition, according to the constitution of Claim 3, in the microstrip antenna of Claim 2, the above-mentioned signal transmission conductor of the above-mentioned planar microwave line is formed at the above-mentioned other dielectric substrate, so that the above-mentioned signal transmission conductor is interposed between the ground conductor of the above-mentioned planar microwave line and the above-mentioned ground conductor plate. Therefore, since electromagnetic microwaves that are transmitted to the above-mentioned signal transmission conductor are radiated only from the above-mentioned annular slot formed in the above-mentioned ground conductor plate and, unlike the conventional examples, can be prevented from leaking from the back of the microstrip antenna, the radiation efficiency of said microstrip antenna is raised, compared with the conventional examples, so that the gain of said microstrip antenna can be markedly improved.

Moreover, in each of the above-mentioned microstrip antennas, the above-mentioned slot is preferably in the form of a circular annulus.

Furthermore, in each of the above-mentioned microstrip antennas, the above-mentioned planar microwave line is preferably a microstrip line.

### Application examples

Next, application examples of the present invention will be explained with reference to the figures.

#### Application Example 1

Figures 1(A), (B), and (C) show a circularly polarized microstrip antenna in a first application example of the present invention applicable to the above-mentioned mobile satellite communication system.

This circularly polarized microstrip antenna is characterized in that a ground conductor plate 21 is interposed between a microstrip patch conductor 31 and two microstrip lines 41 and 42, which oppose the above-mentioned microstrip patch conductor 31, via a dielectric substrate

30 and a dielectric substrate 20; and in that an annular slot 22 is formed in the above-mentioned ground conductor plate 21 so that it opposes the above-mentioned microstrip patch conductor 31 and microstrip lines 41 and 42.

In Figures 1(A), (B), and (C), two microstrip conductors 12 and 13 with a width  $W1$  are arranged on the surface of a dielectric substrate 10 on the rear surface of which a ground conductor plate 11 has been arranged, so that the lengths of the conductors 12 and 13 form an angle of  $90^\circ$  but do not touch each other. Here, a microstrip line 41 is constituted by the microstrip conductor 12, the ground conductor plate 11, and the dielectric substrate 10 interposed thereby; the microstrip line 42 is constituted by the microstrip conductor 13, the ground conductor plate 11, and the dielectric substrate 10 interposed thereby.

In addition, the dielectric substrate 20 is in contact with the entire surface of the dielectric substrate 10 on which the microstrip conductors 12 and 13 are arranged, and the ground conductor plate 21 is in contact with the entire surface of the above-mentioned dielectric substrate 10. Here, the annular slot 22, with center O, an outer radius of  $Rb_1$ , an inner radius of  $Rb_2$ , and a width  $Ws$  is formed in the central part of the ground conductor plate 21. Also, as shown in Figure 1(B), the microstrip conductor 12 is formed so that it extends from the outer edge of the circular ring slot 22 toward the center O, with the length  $S_1$  and the microstrip conductor 13 is formed so that extends from the outer edge of the circular ring slot 22 toward the center O with the length of  $S_2$ .

Furthermore, the dielectric substrate 30 is in contact with the entire surface of the aforementioned ground conductor plate 21, a disk-shaped microstrip patch conductor 55 with a radius  $Ra$ , which is greater than the outer radius of  $Rb_1$  of the circular ring slot 22, is in contact with the central part of the surface of the above-mentioned dielectric substrate 30 so that it is coaxial with the circular ring slot 22, and the above-mentioned microstrip conductors 12 and 13 oppose circular ring slot 22.

In addition, in the microstrip antenna of the first application example with the aforementioned constitution, a triplet line is constituted by the dielectric substrate 30, ground conductor plate 21, dielectric substrate 20, microstrip conductors 12 and 13, dielectric substrate 10, and ground conductor plate 11.

In the microstrip antenna of the first application example with the aforementioned constitution, the microstrip patch conductor 31 can be excited via the circular ring slot 22 formed in the ground conductor plate 21 by respectively inputting microwave signals to the microstrip lines 41 and 42. The microstrip line 41, circular ring slot 22, and microstrip path conductor 31 act as a first linearly polarized microstrip antenna; the microstrip line 42, circular ring slot 22, and microstrip path conductor 31 act as a second linearly polarized microstrip antenna.

Thus, when the above-mentioned first and second linearly polarized microstrip antennas are excited by inputting microwave signals with a phase shift of  $90^\circ$  into microwave strip lines 41 and 42, linearly polarized electromagnetic waves are radiated from each linearly polarized microstrip antenna, and are spatially synthesized as circularly polarized electromagnetic waves that are radiated into space in the width direction  $D_r$  of said antenna. The microstrip antenna shown in Figures 1(A), (B), and (C) can therefore be used as a circularly polarized microstrip antenna.

Moreover, as is well known, changing each length  $S_1$  and  $S_2$  of the microstrip conductors 12 and 13, changes the reactance components of the antenna impedance at each resonance frequency of the above-mentioned first and second linearly polarized microstrip antennas. Therefore, the above-mentioned each length  $S_1$  and  $S_2$  is set so that the characteristic impedance of the microstrip lines 41 and 42 is matched to the antenna impedance of each linearly polarized microstrip.

In the aforementioned first application example, the radius  $R_a$  of the microstrip patch conductor 31 is greater than the outer radius  $R_{b1}$  of the circular ring slot 22; however, without being limited in this way, the radius  $R_a$  of the microstrip patch conductor is preferably set so that it is greater than at least the inner radius  $R_{b2}$  of the circular ring slot 22.

The inventors formed the microstrip patch electrode 31 with a radius  $R_a$  of 34.26 mm on the dielectric substrate 30 with a thickness of 3.2 mm and a relative dielectric constant of 2.55. Two sheets of dielectric substrates 10 and 20 with a thickness of 1.6 mm and a relative dielectric constant of 2.55 were used, and the circular ring slot 22 with an outer radius  $R_{b1}$  of 35.75 mm and an inner radius  $R_{b2}$  of 34.25 mm was formed on the above-mentioned ground conductor plate 21. The width  $W_1$  of the microstrip conductors 12 and 13 was set so that its characteristic impedance was  $50\ \Omega$ , and the microstrip conductors 12 and 13 were formed so that the above-mentioned lengths  $S_1$  and  $S_2$  were 31 mm, so that a microstrip antenna with the structure shown in Figures 1(A), (B), and (C) was manufactured. The microstrip antenna was tested as follows.

A microwave signal with a frequency of 1-2 GHz was input to the end 12a at the substrate edge of the microstrip conductor 12 of said microstrip antenna, and the frequency characteristic of the input end reflection coefficient  $S_{11}$  at said end 12a was measured. As seen from the measurement results of Figure 3, the microstrip antenna had two resonance frequencies,  $f_1 =$  approximately 1.375 GHz and  $f_2 =$  approximately 1.55 GHz.

In addition, the inventors input a microwave signal with a frequency of 1-2 GHz into the end 13a at the substrate edge of the microstrip conductor 13 of the microstrip antenna and measured the frequency characteristic of the input end reflection coefficient  $S_{11}$  at said end 13a. Measurement results similar to those of Figure 3 were obtained, thereby demonstrating that the

microstrip antenna of the first application example can be used as a circularly polarized microstrip antenna using two frequencies.

In the microstrip antenna of the first application example, when a microwave signal is input into the microstrip lines 41 and 42, and the microstrip patch conductor 31 is excited via the circular ring slot 22, since the above-mentioned resonance frequencies  $f_1$  and  $f_2$  of the microstrip antenna depend on various parameters, such as the radius  $R_a$  of the microstrip patch conductor 31 that opposes the microstrip lines 41 and 42, the outer radius  $R_{b1}$  and the inner radius  $R_{b2}$  of the circular ring slot 22 that is formed in the ground conductor plate 21, and the thicknesses of the dielectric substrates 20 and 30, the above-mentioned parameters can be set so that the above-mentioned resonance frequencies  $f_1$  and  $f_2$  are adjacent, and a circularly polarized wide-band microstrip antenna or a single-frequency circularly polarized microstrip antenna can be realized.

The inventors used the above-mentioned manufactured microstrip antenna as a linearly polarized wave antenna with a receiving antenna and a horn antenna as a transmitting antenna, arranged the two antennas opposite one another so that the antenna axes of the above-mentioned horn antenna and the above-mentioned microstrip antenna were aligned, radiated simulated circularly polarized electromagnetic waves toward the above-mentioned microstrip antenna from the above-mentioned horn antenna by rotating the above-mentioned horn antenna about its axis, tilted the above-mentioned microstrip antenna with respect to its axis, and measured the microwave signal that was output from the microstrip lines 41 and 42 of the above-mentioned microstrip antenna and the radiation pattern of the above-mentioned microstrip antenna. The frequency of the microwave signal that was input to the above-mentioned horn antenna was 1.375 GHz.

Figure 4 shows the measurement results of the above-mentioned radiation pattern. In Figure 4, the solid line radiates the maximum value and the broken line the minimum value of the incident power from the above-mentioned receiving microstrip antenna. The above-mentioned incident power is normalized assuming 0 dB incident power at an orientation angle of  $0^\circ$  as the maximum radiating direction. As seen from Figure 4, in the above-mentioned fabricated circularly polarized wave microstrip antenna using two frequencies, the difference (axial ratio) between the maximum value and the minimum value of the incident power in the front direction, that is, the axial direction of the antenna, was about 1.5 dB, and at an orientation angle of within  $60^\circ$ , the axial ratio was 2 dB.

The inventors used the above-mentioned fabricated microstrip antenna as a transmitting antenna and a horn antenna as a receiving antenna, arranged the two antennas opposite each other so that the antenna axes of the above-mentioned horn antenna and the above-mentioned microstrip antenna were aligned, radiated electromagnetic waves from the above-mentioned microstrip antenna, which were received by the horn antenna by rotating it about its axis, tilted

the above-mentioned microstrip antenna with respect to its axis, and measured the microwave signal that was output from the horn antenna as the receiving antenna and the radiation pattern of the above-mentioned microstrip antenna. In addition, the frequency of the microwave signal that was input to the above-mentioned horn antenna was 1.55 GHz. Measurement results obtained similar to those for the above-mentioned radiation pattern shown in Figure 4.

As explained above, the ground conductor plate 21 is interposed between the microstrip patch conductor 31 arranged above the dielectric substrate 30 and the two microstrip lines 41 and 42 that oppose the above-mentioned microstrip patch conductor 31 and that are arranged beneath the dielectric substrate 20; the annular slot 22 is formed in the above-mentioned ground conductor plate 21 so that it opposes the above-mentioned microstrip patch conductor 31 and microstrip lines 41 and 42. This arrangement makes it possible to precisely match the impedance at two different frequencies and to realize a circularly polarized wave microstrip antenna using two frequencies that is small scale and lightweight and that exhibits good circular polarization compared with conventional antennas.

In the microstrip antenna of the first application example shown in Figures 1(A), (B), and (C), since the microstrip conductors 12 and 13 are interposed between the ground conductor plates 11 and 21, the microwave signal power, which is supplied to the microstrip conductors 12 and 13, is radiated only from the annular slot 22, and the electromagnetic waves that are radiated from the microstrip lines 60 and 80 can be prevented from leaking from the rear of the dielectric substrates 50 and 70. The radiation efficiency of said microstrip antenna is thereby raised, compared with that of Conventional Examples 1 and 2, so that the gain of said microstrip antenna can be markedly improved.

### Application Example 2

Figures 2(A), (B), and (C) show a circularly polarized wave microstrip antenna in a second application example of the present invention applicable to the above-mentioned mobile satellite communication system. In Figures 2(A), (B), and (C), parts similar to those of Figures 1(A), (B), and (C) have the same part numbers.

The difference between this circularly polarized wave microstrip antenna and the circularly polarized wave microstrip antenna of the first application example is that microstrip lines 44 and 45, which include the dielectric substrate 10a, constituted by similarly forming the microstrip conductors 12 and 13 at positions symmetrical to their positions in the first application example on the dielectric substrate 10 on the rear surface of the dielectric substrate 10a, are used instead of the microstrip lines 41 and 42 consisting of the microstrip conductors 12 and 13 and the ground conductor plate 11, which are formed via the dielectric substrate 10 in the first application example, and the above-mentioned dielectric substrate 20. Here, the microstrip line

44 is constituted by the microstrip conductor 12, the ground conductor plate 21, and the dielectric substrate 10a, and the microstrip line 45 is constituted by the microstrip conductor 13, the ground conductor plate 21, and the dielectric substrate 10a.

In other words, in the microstrip antenna of the second application example, the ground conductor plate 21 is interposed between the microstrip patch conductor 31 and two microstrip lines 44 and 45 that oppose the above-mentioned microstrip patch conductor 31 via the dielectric substrate 30 on which the above-mentioned microstrip patch conductor 31 is formed, and the annular slot 22 is formed in the above-mentioned ground conductor plate 21 so that it opposes the above-mentioned microstrip patch conductor 31 and microstrip lines 44 and 45.

The microstrip antenna of the second application example with the above constitution, like the first application example, is operated as a circularly polarized wave microstrip antenna using two frequencies and, except for the above-mentioned improved gain effect, has actions and effects similar to those of the first application example.

#### Other application examples

In the above first and second application examples, microwave signals with a phase shift of  $90^\circ$  are respectively input into two microstrip lines 41 and 42 or 44 and 45, so that the above-mentioned microstrip antenna is used as a circularly polarized wave microstrip antenna. However, in the present invention, without being limited in this way, microwave signals with a resonance frequency of  $f_1$  and  $f_2$  may be respectively input into each microstrip line 41 and 42 or 44 and 45, so that the above-mentioned microstrip antenna may be used as a linearly polarized wave microstrip antenna for radiating linearly polarized electromagnetic waves at each frequency.

In the above first and second application examples, two microstrip lines 41 and 42 or 44 and 45 are formed. However, in the present invention, without being limited in this way, it is possible to form only one microstrip line, so that the above-mentioned microstrip antenna may be used as a linearly polarized microstrip antenna using two frequencies.

In the above first and second application examples, two microstrip lines 41 and 42 or 44 and 45 are formed on the dielectric substrates 10 and 10a; however, in the present invention, without being limited in this way, other types of planar microwave lines such as coplanar line, slot line, and suspended line may also be used.

In the above first and second application examples, the microstrip patch conductor 31 has the shape of a disk; however, in the present invention, without being limited in this way, it may also have other shapes, such as square or polygonal.

In the above first and second application examples, the slot 22 that is formed in the ground conductor plate 21 has the form of a circular annulus; however, in the present invention,

without being limited in this way, it may also have other annular shapes, such as an elliptic annulus or a pentagonal annulus, etc. With the change in the shape of the above-mentioned slot 22, the radiation pattern of said microstrip antenna can be changed, so that the desired radiation pattern can be set.

#### Effect of the invention

As described above in detail, according to the present invention as disclosed in Claim 1 or 2, a ground conductor plate is interposed between a microstrip patch conductor and at least one planar microwave line that oppose the above-mentioned microstrip patch conductor via a dielectric substrate that is in contact with the above-mentioned microstrip patch conductor, and an annular slot is formed in the above-mentioned ground conductor plate so that it opposes the above-mentioned microstrip patch conductor and the above-mentioned planar microwave line, or another dielectric substrate is also interposed between the above-mentioned ground conductor plate and the above-mentioned planar microwave line. Since the microwave strip antenna with this constitution has two resonance frequencies, a linearly polarized and circularly polarized microstrip antenna using two frequencies, which is small and lightweight, can be easily manufactured, compared with the conventional examples.

In addition, as disclosed in Claim 3, in the microstrip antenna of Claim 2, the above-mentioned signal transmission conductor of the above-mentioned planar microwave line is formed at the above-mentioned other dielectric substrate, so that the above-mentioned signal transmission conductor is interposed between the ground conductor of the above-mentioned planar microwave line and the above-mentioned ground conductor plate. Therefore, since microwaves that are transmitted to the above-mentioned signal transmission conductor are radiated only from the above-mentioned annular slot formed in the above-mentioned ground conductor plate and can be prevented from leaking from the rear surface of the microstrip antenna, the radiation efficiency of said microstrip antenna is raised, compared with the conventional examples, so that the gain of said microstrip antenna can be markedly improved.

#### Brief description of the figures

Figure 1(A) is a disassembled oblique view showing the microstrip antenna in a first application example of the present invention.

Figure 1(B) is a plan view showing the microstrip antenna of Figure 1(A).

Figure 1(C) is a vertical section along line A-A' in Figure 1(B).

Figure 2(A) is a disassembled oblique view showing the microstrip antenna in a second application example of the present invention.

Figure 2(B) is a plan view showing the microstrip antenna of Figure 2(A).

Figure 2(C) is a vertical section along line B-B' in Figure 2(B).

Figure 3 shows the frequency response of an input end reflection coefficient  $S_{11}$  of the microstrip antenna of the first application example.

Figure 4 is a graph showing the radiation pattern of the microstrip antenna of the first application example.

Figure 5(A) is a disassembled oblique view showing a microstrip antenna in a first conventional application example.

Figure 5(B) is a plan view showing the microstrip antenna of Figure 5(A).

Figure 5(C) is a vertical section along line C-C' in Figure 5(B).

Figure 6(A) is a disassembled oblique view showing a microstrip antenna in a second conventional application example.

Figure 6(B) is a plan view showing the microstrip antenna of Figure 6(A).

Figure 6(C) is a vertical section along line D-D' in Figure 6(B).

10, 10a, 20, 30	Dielectric substrates
11, 21	Ground conductor plates
12, 13	Microstrip conductors
22	Circular ring slot
31	Microstrip patch conductor
41, 42, 44, 45	Microstrips

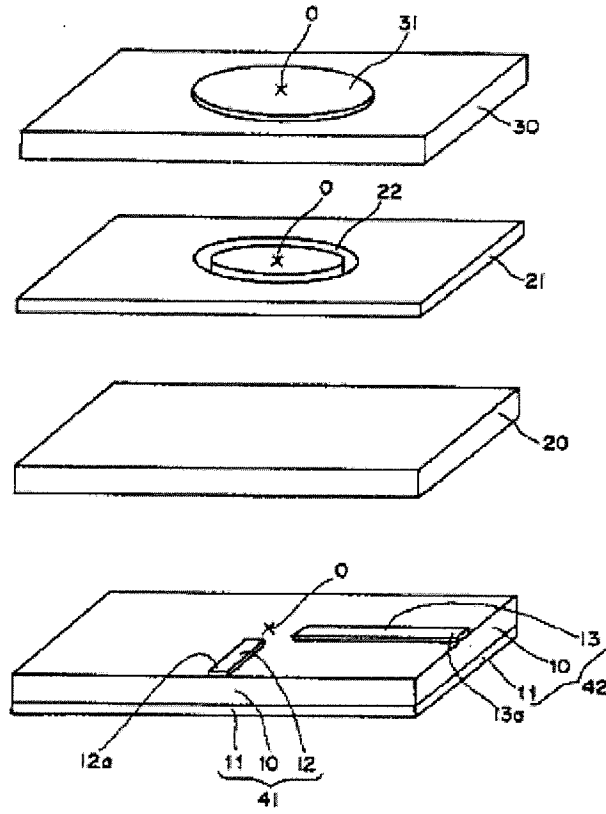


Figure 1A

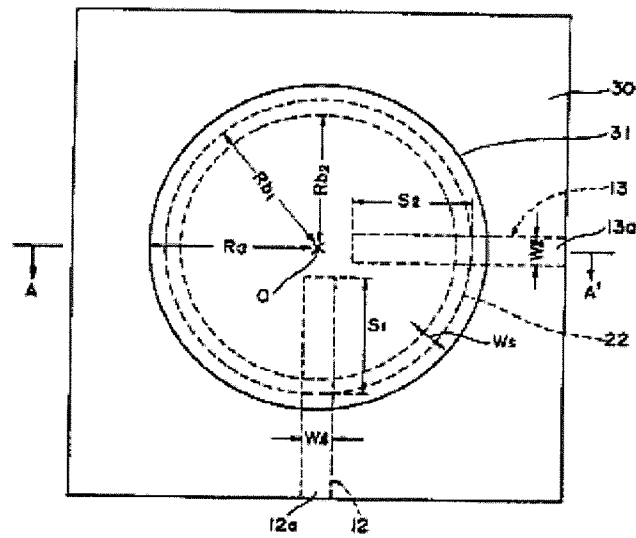


Figure 1B

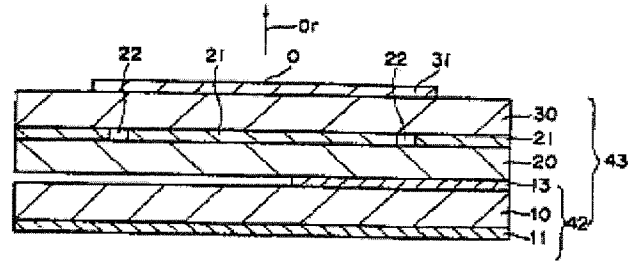


Figure 1C

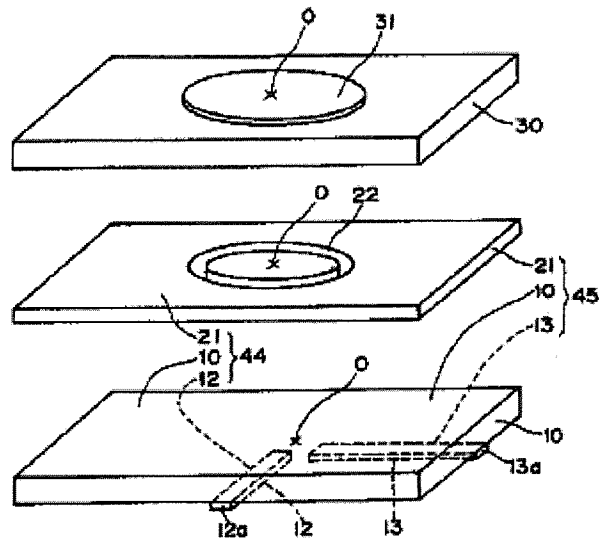


Figure 2A

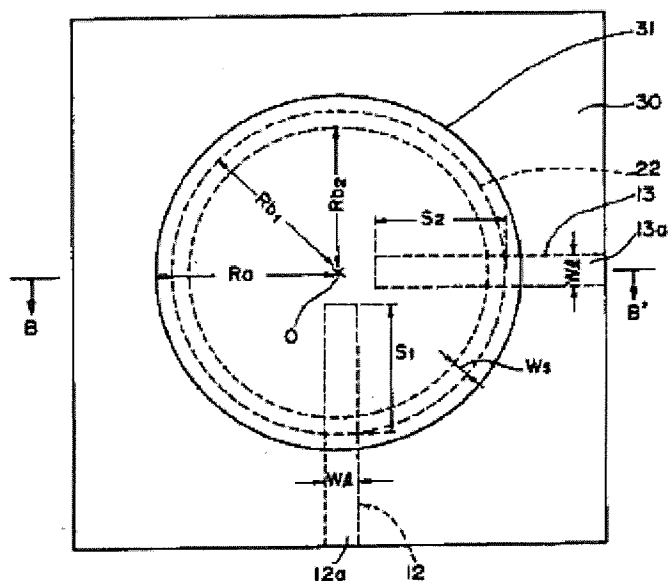


Figure 2B

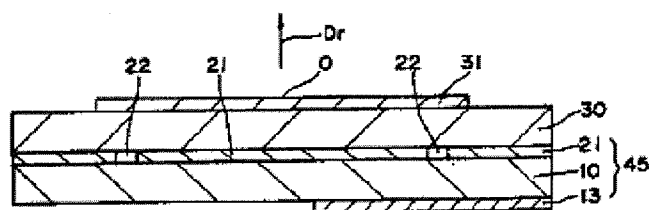


Figure 2C

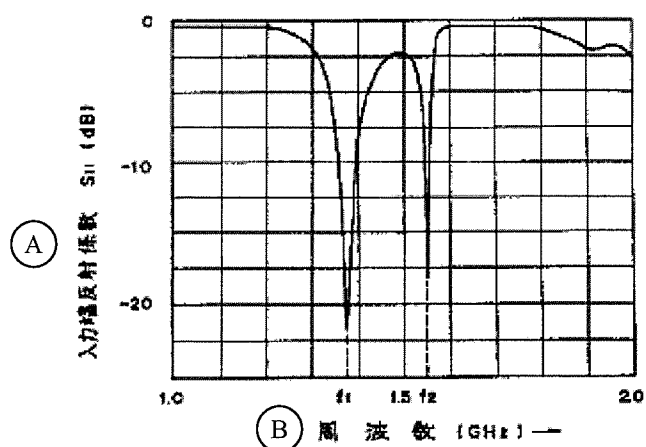


Figure 3

Key: A Input end reflection coefficient  $S_{11}$  (dB)  
 B Frequency (GHz)

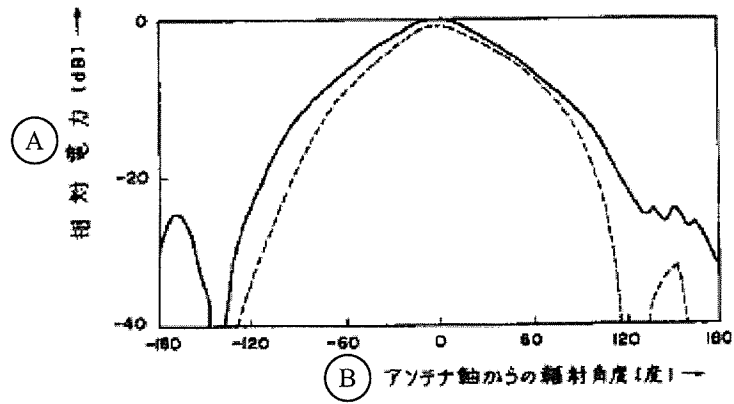


Figure 4

Key: A Relative power (dB)  
 B Radiation angle from the antenna axis (degree)

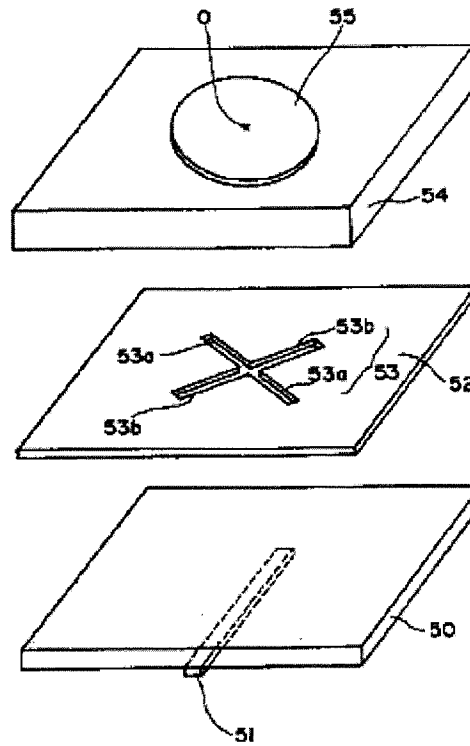


Figure 5A



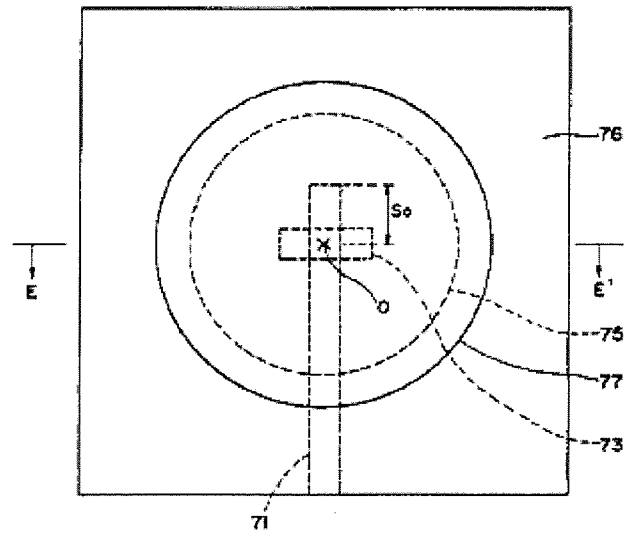


Figure 6B

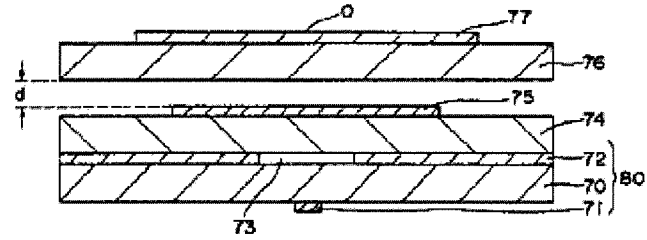


Figure 6C